

黄鳝寄生虫种群生物学研究进展

向丹^{1,2}, 文峥嵘^{1,2}, 罗鸣钟^{1,2*}, 柴毅¹, 杨代勤¹, 李锐², 魏巍²

(1. 长江大学 动物科学学院, 中国湖北 荆州 434025; 2. 浙江省农业科学院 省部共建农产品质量安全危害因子与风险防控国家重点实验室, 中国浙江 杭州 310021)

摘要: 黄鳝产业急速发展以及养殖面积剧增的同时, 寄生虫疾病频发, 给黄鳝产业造成巨大经济损失。黄鳝寄生虫种群生物学的研究对于寄生虫疾病的防治意义重大。在以往的研究基础上, 本文从黄鳝寄生虫的种类、生活史和寄生关系、种群时空分布特征以及寄生虫病症与危害等方面对黄鳝寄生虫种群生物学进行了详细的综述, 并在此基础上对目前黄鳝寄生虫研究中存在的问题和未来的研究方向进行了分析, 以期为人们全面了解黄鳝寄生虫种群生物学提供参考, 并为黄鳝寄生虫疾病的合理防治提供基础资料。

关键词: 黄鳝; 寄生虫; 种群生物学; 时空分布

中图分类号: Q958, S965.131

文献标识码: A

文章编号: 1007-7847(2021)06-0493-11

Research Progress on Population Biology of Parasites in *Monopterus albus*

XIANG Dan^{1,2}, WEN Zheng-rong^{1,2}, LUO Ming-zhong^{1,2*}, CHAI Yi¹,
YANG Dai-qin¹, LI Rui², WEI Wei²

(1. College of Animal Science, Yangtze University, Jingzhou 434025, Hubei, China; 2. State Key Laboratory for Managing Biotic and Chemical Threats to the Quality and Safety of Agro-products, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, Zhejiang, China)

Abstract: The frequently occurring parasitic diseases, with the rapidly increasing ricefield eel (*Monopterus albus*) industry have caused huge economic losses. The study of the population biology of parasites in *M. albus* is of great significance for the development of parasitic disease control and prevention. Based on the previous studies, the population biology of parasites in *M. albus*, including species, life history, parasitism, time-space distribution characteristics, disease symptoms and hazards, were discussed. Meanwhile, existing problems and the future research direction were also described to provide a comprehensive understanding of the population biology of parasites in *M. albus* and basic information for the development of parasitic disease control and prevention.

Key words: *Monopterus albus*; parasite; population biology; spatial-temporal distribution

(*Life Science Research*, 2021, 25(6): 493~503)

黄鳝(*Monopterus albus*)俗称鳝鱼, 是我国重要的特种水产养殖鱼类之一, 广泛分布于亚洲多个国家^[1]。黄鳝因蛋白质含量高、脂肪含量低、味道鲜美、营养丰富而深受消费者的喜爱。我国 20 世纪 90 年代就开始了黄鳝人工养殖的尝试, 并

取得成功, 池塘网箱模式得到大规模的推广。近年来, 缅甸、孟加拉国、朝鲜、越南和菲律宾等国家也相继开展黄鳝的人工养殖^[2-3]。《中国渔业统计年鉴 2020》报道, 2019 年我国黄鳝养殖产量为 31.379 万吨, 其中湖北省黄鳝的养殖产量为

收稿日期: 2020-07-25; 修回日期: 2020-12-08

基金项目: 浙江省农产品质量安全危害因子与风险防控国家重点实验室开放基金项目(2010DS700124-KF1914); 湖北省教育厅科学技术研究项目(Q20161306); 现代农业产业技术体系项目(CARS-46); 湖北省技术创新重大专项(2019ABA086)

作者简介: 向丹(1997—), 女, 湖北恩施人, 硕士研究生, 主要从事水产生理生态学及分子生物学研究, E-mail: 1575183556@qq.com; *通信作者: 罗鸣钟(1984—), 男, 湖北黄石人, 博士, 长江大学副教授, 主要从事水产养殖及生理生态学研究, E-mail: kklmz413@yangtzeu.edu.cn。

14.416 万吨, 占全国产量的 45.94%^[4]。湖北省作为我国黄鳝养殖的第一省, 其黄鳝养殖面积和规模远超其他省份。但是, 黄鳝产业的急速发展以及养殖面积的剧增, 导致野生资源量下降、种质退化、疾病频发等, 其中寄生虫疾病尤为明显, 这不仅给黄鳝养殖业造成巨大经济损失, 也给水产食品安全带来隐患。本文对黄鳝常见寄生虫的种群生物学研究进展进行了总结, 并在此基础上对目前黄鳝寄生虫研究中存在的问题和未来的研究方向进行了分析, 以期为人们全面了解黄鳝寄生虫种群生物学提供参考, 并为黄鳝寄生虫疾病的合理防治提供基础资料。

1 黄鳝寄生虫的种类

黄鳝属于我国固有种鱼类, 野生种群分布广泛, 最早黄鳝寄生虫就发现于野生种群中。1966 年, 汪溥钦^[5]报道福建、北京、长沙等地的黄鳝中发现了新棘衣虫, 后将其改名为新棘衣棘头虫 [*Pallisentis (Neosentis) celatus*]; 1982 年, 唐仲璋^[6]报道在闽江流域乌鳢肠道内发现的寄生虫多钩槽绦虫 (*Polyoncobothrium ophiocephalina*) 在黄鳝肠道内也有出现; 1985 年, 王溪云^[7]通过对鄱阳湖流域鱼类体内的蠕虫进行分类鉴定, 发现黄鳝肠道内有鳃虱孤独吸虫 (*Azygia anguillae*), 膀胱内出现了锯齿叶形吸虫 (*Phyllodistomum serrispatula*)。我国学者开始系统进行黄鳝人工养殖方面的研究始于 20 世纪 90 年代, 同时也观察到养殖黄鳝中存在多种寄生虫。1994 年, 李明峰^[8]报道了养殖黄鳝中存在棘头虫病和毛细线虫病, 并介绍了两种寄生虫疾病的防治方法。2004 年, 刘金等^[9]的统计分析显示, 我国黄鳝感染的体内寄生虫有 16 种, 其中湖北、湖南和四川等地黄鳝体内寄生虫的种类存在差异。随着研究的深入, 报道的黄鳝寄生虫种类逐渐增多。2014 年, 黄靖锐等^[10]统计报道我国已发现的黄鳝感染的寄生虫有 22 种, 较 2004 年的数据增加了 6 种。本课题组近期统计后发现, 目前报道的黄鳝感染的寄生虫种类共 26 种。按寄生部位的不同, 黄鳝寄生虫可分为两种类型: 体内寄生虫和体外寄生虫。

1.1 体内寄生虫的种类

目前, 报道的寄生于黄鳝体内的寄生虫共有 22 种, 按照分类学的划分, 可分为五大类, 即线虫类^[11-25]、绦虫类^[9, 26-28]、吸虫类^[10, 29-37]、棘头虫类^[38-43]和锥体虫类^[39, 44](表 1)。

黄鳝体内的线虫类寄生虫隶属于线形动物门 (Nematomorpha), 线虫纲 (Nematoda Rudolphi), 嘴刺目 (Enoplida)、蛔目 (Ascaridida)、旋尾目 (Spiruria) 和尖尾目 (Oxyuridea), 主要寄生于黄鳝的消化道内, 如肠道、胃等, 而颚口线虫除可寄生在脏外还寄生于肌肉中, 蔡武卫等^[25]报道的福建省闽北的 5 个县市调查结果表明, 颚口线虫 III 期幼虫在黄鳝肌肉的感染率远高于内脏。胃瘤线虫均以幼虫或结囊形式寄生于黄鳝肠道, 在湖南^[11, 13]、湖北^[12]、河南^[14]、四川^[15]、海南^[16]等地的黄鳝寄生虫研究中有报道, 是最常见的黄鳝寄生虫之一。

绦虫类和吸虫类寄生虫均隶属于扁形动物门 (Platyhelminthes), 前者属于绦虫纲 (Cestoda), 后者属于吸虫纲 (Trematoda)。目前, 黄鳝体内仅发现两种绦虫类寄生虫, 均寄生于肠道中。吸虫类寄生虫是目前黄鳝寄生虫中的最大类群, 共 10 种, 除头殖吸虫为未定种, 其他 9 种均已确定具体种类。湖北双穴吸虫、倪氏复口吸虫和湖北复口吸虫均寄生于眼部的水晶体内, 鳃虱孤独吸虫、广州前宫吸虫、天津前皋吸虫、斜皋颈穴吸虫和头殖吸虫均寄生于肠道, 锯齿叶形吸虫寄生于输尿管, 东方次皋吸虫的幼虫囊蚴主要寄生于鱼尾鳍肌肉内, 而成虫的寄生部位均为肝胆管与胆囊。

黄鳝体内的棘头虫类寄生虫隶属于棘头动物门 (Acanthocephala)、始新棘头虫纲 (Eoacanthocephala)、圆棘头虫目 (Gyracanthocephala), 目前仅发现新棘衣棘头虫^[38-42]和伞形棘头虫^[43]两种, 均寄生于肠道, 其中新棘衣棘头虫又称为隐藏新棘虫或新棘衣虫, 在湖北^[12]、河南^[14]、四川^[15]、海南^[16]、江苏^[29]、贵州^[38]、湖南^[40-41]、江西^[42]等地的黄鳝体内均有发现, 是黄鳝最常见的一种寄生虫。

现有研究显示, 黄鳝体内的锥体虫类寄生虫仅鳃锥体虫 1 种^[44], 隶属于原生动物门 (Protozoa)、鞭毛虫纲 (Mastigophora)、动基体目 (Kinetoplastida)、锥体虫科 (Trypanosomidae), 个体微小, 寄生于黄鳝血液中。

1.2 体外寄生虫的种类

鱼类体外寄生虫是指主要寄生于鱼类体表的寄生虫, 包括皮肤、鳃、鳍条等部位。目前, 报道的黄鳝体外寄生虫有颤动隐鞭虫^[45]、多子小瓜虫^[46]、车轮虫^[47]和缘拟扁蛭^[48]等 4 种(表 2)。前 3 种隶属于原生动物门 (Protozoa), 鞭毛虫纲 (Mastigophora) 和纤毛纲 (Ciliata), 个体微小, 肉眼不可见, 主要寄生于黄鳝的鳃及皮肤上。缘拟扁蛭隶属于环节动物

表 1 黄鳝体内寄生虫名录
Table 1 List of parasites from ricefield eels *in vivo*

Category	Scientific name	Taxonomic category	Parasitic site	Reference	
线虫类	胃瘤线虫	Nematomorpha, Nematoda,	Mesenteric,	[11~19]	
Nemata	<i>Eustrongylides</i> sp.	Enoplida, Dioctophymidae	abdominal cavity		
	对盲囊线虫	Nematomorpha, Nematoda,	Stomach wall,	[20]	
	<i>Contraecuri</i> sp.	Ascaridida, Anisakidae	mesenteric, kidney		
	幼旋尾线虫	Nematomorpha, Nematoda,	Stomach, intestine	[21]	
	<i>Agamospirura</i> sp.	Spiruria, Rhabdochoniidae			
	嗜子宫线虫	Nematomorpha, Nematoda,	Intestine	[22]	
	<i>Philometrosis</i> sp.	Enoplida, Philometridae			
	毛细线虫	Nematomorpha, Nematoda,	Intestine	[23]	
	<i>Capillaria</i> sp.	Enoplida, Capillariidae			
	尖尾拟类斯线虫	Nematomorpha, Nematoda,	Intestine	[24]	
	<i>Paraseuratoides acuminicauda</i>	Oxyuridea, Monolateraceae			
	颚口线虫	Nematomorpha, Nematoda,	Muscle,	[25]	
	<i>Gnathostoma</i> sp.	Spiruria, Gnathostomatidae	viscera		
	绦虫类	大型多钩槽绦虫	Platyhelminthes, Cestoda,	Intestine	[26~28]
Cestoda	<i>Polyonchobothrium magnum</i>	Pseudophyllidea, Bothriocephalidae			
	多钩槽绦虫	Platyhelminthes, Cestoda,	Intestine	[9]	
吸虫类	<i>Polyonchobothriu</i> sp.	Pseudophyllidea, Othriocephalidae			
	湖北双穴吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Lens in eye	[29]	
	Trematoda	<i>Diplostomum nieclashui</i>	Strigeiformes, Diplostomidae		
		倪氏复口吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Lens in eye	[30]
	<i>Diplostomum niedashui</i>	Strigeiformes, Diplostomidae			
	湖北复口吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Lens in eye	[30]	
	<i>Diplostomulum hupehensis</i>	Strigeiformes, Diplostomidae			
	鳃鳃独孤吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Intestine,	[7, 31]	
	<i>Azygia anguillae</i>	Digenea, Azygiidae	stomach		
	广州前宫吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Intestine	[32]	
	<i>Proterometra guangzhouensis</i>	Digenea, Azygiidae			
	天津前辜吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Intestine	[33]	
	<i>Prosorchi tianjinensis</i>	Digenea, Hemiuridae			
	斜辜颈穴吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Intestine	[34]	
	<i>Deretrema plaglorchis</i>	Digenea, Zoogonidae			
	锯缘叶形吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Ureter	[35]	
	<i>Phyllodistomum serrispatula</i>	Digenea, Gorgoderidae			
头殖吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Intestine	[10]		
<i>Cephalogonirrius</i> sp.	Digenea, Cehalasonimidae				
东方次辜吸虫	Platyhelminthes, Trematoda,	Skin, muscle,	[36~37]		
<i>Metorchis orientalis</i>	Digenea, Opisthorchiidae	viscera			
棘头虫	新棘衣棘头虫	Acanthocephala, Eoacanthocephala,	Intestine	[38~42]	
Acanthocephalan	<i>Pallisentis (Neosentis) celatus</i>	Gyracanthocephala, Quadrigyridae			
	伞形棘头虫	Acanthocephala, Eoacanthocephala,	Intestine	[43]	
锥体虫	<i>Pallisentis umbellatus</i>	Gyracanthocephala, Quadrigyridae			
	鳝锥体虫	Protozoen, Mastigophora,	Blood	[39, 44]	
Trypanosome	<i>Trypanosoma monopteri</i>	Kinetoplastida, Trypanosomidae			

门(Annelida)、蛭纲(Hirudinea), 呈扁纺锤形, 身体前部狭长, 体长 14~20 mm, 体宽 2.5~8.0 mm, 当迁移或伸展时, 其长度可超过静止时的 1 倍。该蛭为皮肤组织寄生型, 以吸收黄鳝的血液为营养, 破坏表皮组织, 容易引起细菌感染。

2 黄鳝寄生虫的生活史及其寄生关系

2.1 体内寄生虫的生活史及其寄生关系

线虫类寄生虫生活史要经历虫卵期、桑椹期、

囊胚期、蝌蚪期、幼虫期、成虫期等阶段。它们常以淡水螺类、剑水蚤或者寡毛类环节动物(如水丝蚓、正颤蚓和霍甫水丝蚓等) 为第一中间宿主, 黄鳝、沙塘鳢(*Odontobutis obscurus*)、乌鳢(*Channa argus*) 等鱼类是其第二中间宿主。线虫类寄生虫的幼虫以结囊形式存在于第二中间宿主消化道、肠系膜、胃壁以及生殖腺, 成虫则寄生于食鱼鸟类或哺乳类体内, 如白鹭、夜鹭、朱鹮、肉鸭等鸟类是胃瘤线虫、对盲囊线虫、幼旋尾线虫等的终末宿主^[49-50],

表2 黄鳝体外寄生虫名录
Table 2 List of parasites from ricefield eels *in vitro*

Scientific name	Taxonomic category	Parasitic site	Reference
颤动隐鞭虫 <i>Cryptobia agitata</i>	Protozoa, Mastigophora, Kinetoplastida, Bodonidae	Periphery, gill	[45]
多子小瓜虫 <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Protozoa, Ciliata, Hymenostomatida, Cymbidae	Periphery, gill	[46]
车轮虫 <i>Trichodina</i> sp.	Protozoa, Ciliata, Peritrichida, Trichodinidae	Periphery, gill	[47]
缘拟扁蛭 <i>Hemiclepsis marginata</i>	Annelida, Hirudinea, Rhynchobdellida, Glossiphoniidae	Periphery, muscle	[48]

而猫、犬、猪等哺乳类是顎口线虫的终末宿主^[25]。寡毛类环节动物为线虫类寄生虫第一中间宿主,同时也是第二中间宿主黄鳝的食物,线虫类寄生虫复杂的寄生关系,造成黄鳝感染丰度的季节变化。岑静等^[11]认为黄鳝大量摄食胃瘤线虫第一中间宿主寡毛类环节动物,是造成春夏季黄鳝体内胃瘤线虫平均感染丰度升高的主要原因。

绦虫类和棘头虫类寄生虫是鱼体消化道内的主要寄生蠕虫,其中大型多钩槽绦虫和新棘衣棘头虫在黄鳝体内发现最多。浮游动物桡足类的剑水蚤如劳氏中剑水蚤(*Mesocyclops leuckarti*)是这两类寄生虫的主要中间宿主,黄鳝因摄食带有原尾蚴的剑水蚤而成为最终宿主。大型多钩槽绦虫的生活史要经过卵、颤毛蚴、六沟蚴、原尾蚴、成虫等5个阶段,新棘衣棘头虫的生活史相似,要经过6个阶段,包括:卵、胚胎幼虫、棘头蚴、前棘头体、棘头体、成虫。大型多钩槽绦虫和新棘衣棘头虫均分布于黄鳝小肠前段,分布位置十分相似,空间需要高度一致,生态位明显重叠。方建平^[26]通过对600尾黄鳝进行解剖分析,发现当黄鳝共同感染这两种蠕虫时,随着大型多钩槽绦虫的生长,尤其是长度大于30 mm后,其分布位置明显前移至小肠的最前端,而新棘衣棘头虫的分布位置则显著后退,生态位重叠明显下降。两种寄生蠕虫种间竞争的结果是产生分布空间分离,并无种间竞争排斥现象出现。

吸虫类寄生虫是黄鳝体内发现最多的一大类寄生虫,目前报道的有10种(表1),隶属于鸮形目和复殖吸虫目。其生活史过程相似,一般包括卵、毛蚴、母胞蚴、子胞蚴、尾蚴、后囊蚴和成虫等7个阶段。其中,母胞蚴、子胞蚴及尾蚴阶段寄生于贝类;囊蚴寄生于贝类、虾、蟹、昆虫或鱼类;成虫则寄生于鱼类、鸟类或哺乳动物。各吸虫类寄生虫的中间寄生过程存在差异,中间宿主和终末宿主不

同。湖北复口吸虫和倪氏复口吸虫的第一中间宿主为斯氏萝卜螺(*Radix swinhoei*),第二中间宿主为淡水鱼类如黄鳝、泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)、罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)等,成虫寄生于红嘴鸥(*Larus ridibundus*)的肠道中。鳃鳗孤独吸虫的第一中间宿主是中国圆田螺(*Cipangopaludina chinensis*),第二中间宿主是麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)、青鳉(*Oryzias latipes*)等小型鱼类,黄鳝因吞食体内有鳃鳗孤独吸虫幼虫的这些小型鱼类而被感染,是其最终宿主^[51]。东方次睾吸虫是黄鳝体内寄生虫的一种,但其一直被认为是危害家鸭等禽类的寄生虫。2001年,林金祥等^[52]报道人可自然感染东方次睾吸虫,其可引起人体胆囊肿大、胆囊壁增厚、胆道堵塞、胆汁变性或消失等病理变化,严重者可导致死亡,对养殖业和社会公共安全造成了极大的威胁。东方次睾吸虫的第一中间宿主是纹沼螺(*Parafossarulus striatulus*),且有很强的专一性^[53-54];第二中间宿主大多数为鲤科鱼类,如麦穗鱼、棒花鱼(*Pseudogobio rivularis*)、鲫(*Carassius auratus*)等,以及黄鳝、沙塘鳢等小型鱼类^[55];终末宿主为禽类(如鹌鹑、野鸭等)和哺乳动物(包括人类),并在宿主体内进行有性繁殖。

鳃锥体虫是寄生于黄鳝血液中的最常见寄生虫,其生活史仅无性生殖,中间宿主为节肢动物或水蛭类,终末宿主为黄鳝、鲤、鲫等鱼类。鳃锥体虫可通过水蛭寄生在鱼的体表、鳃以及血液^[39]。当水蛭摄取寄生有鳃锥体虫的鱼血时,鳃锥体虫就会随血液进入水蛭体内,随后进行生长、发育、繁殖,并通过水蛭吸血在鱼类种群中传播感染。

2.2 体外寄生虫的生活史及其寄生关系

黄鳝体外寄生虫中颤动隐鞭虫、车轮虫和多子小瓜虫个体微小,游泳能力较差,其传播方式主要通过水流及寄主转移,而缘拟扁蛭活动能力强,其可以通过自我运动以及水流寻找合适的宿主。

颤动隐鞭虫主要寄生在鱼类的皮肤及鳃上,可破坏鳃小片的上皮细胞结构,阻塞鳃部毛细血管,阻碍气体交换,从而导致病鱼呼吸困难、不摄食等状况。其生活史只需1个寄主(鱼类),并通过后鞭毛插入寄主的表皮组织^[56]。

车轮虫和多子小瓜虫是水产养殖中常见的寄生性纤毛虫。多子小瓜虫的生活史分为滋养体、包裹体和掠食体3个阶段,没有中间宿主,主要寄生于体表无鳞和鳞片不发达的淡水鱼类^[57-58]。营自由生活的掠食体一旦附着在鱼体皮肤或鳃部就进入滋养体阶段;成虫逃逸出鱼体并在水中完成繁殖的过程就是包裹体阶段,虫体在包裹体内经过分裂后生成数以百计的裂殖子,裂殖子分化为能游动并具感染活性的掠食体时破包裹而出;掠食体阶段虫体经自由游动又进入鱼体,开始新一轮的生活史过程。车轮虫主要以纵二分裂法和接合生殖方式繁殖,其生活史分为分裂前期、分裂期、幼虫和成虫期4个阶段。车轮虫和多子小瓜虫广泛寄生于鱼类、两栖类、贝类、甲壳类动物,涵盖海水、淡水、半咸水,寄生部位主要是宿主的鳃、皮肤、鳍和生殖系统等^[59]。

缘拟扁蛭是舌蛭科的一种蛭类^[60],舌蛭科蛭类属于雌雄同体、异体生殖型动物,亲本交配后产卵茧,幼蛭从卵茧孵化而出,在水中寻找宿主。缘拟扁蛭的宿主为水生螺类、蛙类、蝌蚪、鱼类等,当它吸饱寄主的体液或血液之后,就离开寄主或继续在寄主体表生活^[61]。

3 黄鳝寄生虫种群的时空分布特征

3.1 地区分布特征

《中国渔业统计年鉴2020》报道,2019年全国黄鳝产量最多的省为湖北、江西、安徽、湖南、四川和江苏6省,其养殖总产量占全国产量的96.73%^[4]。表3列举了我国黄鳝常见寄生虫的地区分布,提示不同地区的黄鳝寄生虫种类以及感染率存在较大差异。其中,报道较多的寄生虫包括:新棘衣棘头虫、胃瘤线虫、鳝锥体虫、鳃虱孤独吸虫,提示该4种寄生虫是黄鳝最常见的寄生虫种类,全国均有分布。此外,大型多钩槽绦虫、锯缘叶形吸虫、东方次睾吸虫、幼旋尾线虫和颞口线虫等寄生虫也有报道,虽然感染率不高,但一些人兽共患寄生虫如东方次睾吸虫和颞口线虫,给食品安全仍造成极大的威胁。

不同地区的同一种寄生虫感染率存在极大的

差异。潘庭双等^[21]报道安徽省淮河流域部分地区黄鳝体内鳃虱孤独吸虫的感染率为0.9%,感染强度为1.7条/尾;杨细兰等^[51]检测了鄱阳湖799尾黄鳝后发现,在黄鳝的消化道中鳃虱孤独吸虫的感染率为12.64%,感染强度为 (3.33 ± 1.71) 条/尾;而方建平^[62]对黄冈市部分地区田间的野生黄鳝进行解剖分析后发现,黄鳝感染鳃虱孤独吸虫是一个随机过程,其感染率为23.5%,感染强度为3.1条/尾,远高于安徽省淮河流域(3.5%)^[63]和鄱阳湖地区(12.64%)^[51]的感染率。

黄鳝感染寄生虫的地区差异性可由多种因素造成,比如:寄生虫的生活史特点;不同地区的气候差异;宿主遗传性、习性、行为以及免疫特性等。目前普遍认为,与人工养殖的黄鳝相比,野生黄鳝的寄生虫种类更多,感染率与感染强度相对较高。邴旭文等^[29]认为野生黄鳝生活的水体较养殖池塘大,中间寄主相对丰富,环境更复杂,同一种寄生虫抗原种类的离散程度也可能较池塘的寄生虫大,这样野生鳝鱼体内每一种抗体的数量相对较少,达不到杀死寄生虫的水平,也不能阻止寄生虫再次侵入;同时,池塘水体小,生态环境容易受人为因素如清塘、消毒、换水、洒药等的影响,造成池塘中寄生虫来源相对单纯,鱼体容易产生较多的特异性同种抗体,从而降低感染率。另外,与北方黄鳝相比,南方黄鳝的寄生虫种类更多,感染率与感染强度相对较高。究其原因,一般认为我国南方相对于北方气温高,水体饵料生物以及中间寄主多,更易寄生虫的存活^[64-65]。

3.2 时间分布特征

不同地域黄鳝感染寄生虫流行的季节存在一定差异(表4)。比如:安徽省淮河流域黄鳝感染新棘衣棘头虫的高峰期是春季,感染率最低的季节是冬季^[21];而安徽省长江流域黄鳝感染新棘衣棘头虫的高峰期是秋季,感染率最低的季节是春季,且全年均可感染^[63]。又如:河南豫北地区鳝锥体虫对黄鳝的感染率在秋季达到50.00%,在春季和夏季为28.36%~29.82%,而冬季的感染率仅为6.06%,表现出明显的季节性^[14]。陈昌福等^[39]研究了湖北荆州、洪湖以及咸宁的3个湖泊和3个渔场中黄鳝寄生虫鳝锥体虫的流行情况,发现3个湖泊中鳝锥体虫的感染率受季节影响不明显,而池塘中鳝锥体虫的感染受到一定程度季节变化的影响。这表明部分寄生虫在某些地区的流行具有季节性规律,而在某些地区的流行不表现出季节性规律。

表 3 黄鳝常见寄生虫种群的地区分布差异
Table 3 The different regional distribution of parasite populations from ricefield eels

Area	Annual production of 2019 (ten thousand tons)	The national proportion in 2019/(%)	Common parasite species (infection rate, %)	Reference
Hubei	14.42	45.94	<i>Pallisentis celatus</i> (34.46), <i>Eustrongylides</i> sp. (15.14), <i>Trypanosoma monopteri</i> (20~100), <i>Azygia anguillae</i> (23.5)	[12, 39, 62]
Jiangxi	7.84	24.97	<i>Pallisentis celatus</i> (26.5), <i>Azygia anguillae</i> (12.64)	[41, 51]
Anhui	3.59	11.45	<i>Pallisentis celatus</i> (18.9, 41.8), <i>Azygia anguillae</i> (0.9, 3.5), <i>Polyonchobothrium magnum</i> (3.0, 3.5), <i>Eustrongylides</i> sp. (3.3), <i>Phyllodistomum serrispatula</i> (1.1), <i>Agamospirura</i> sp. (0.8, 3.0)	[21, 63]
Hunan	2.87	9.15	<i>Pallisentis celatus</i> (7.4~93.6), <i>Eustrongylides</i> sp. (22.31), <i>Trypanosoma monopteri</i> (30~76.7)	[40, 44, 50]
Sichuan	1.14	3.63	<i>Eustrongylides</i> sp. (19.08, 41.2), <i>Pallisentis celatus</i> (18.85, 57.4), <i>Phyllodistomum serrispatula</i> (4.83)	[15, 64]
Jiangsu	0.50	1.59	<i>Pallisentis celatus</i> (97), <i>Trypanosoma monopteri</i> (86), <i>Capillaria</i> sp. (50), <i>Philometrosis</i> sp. (50), <i>Cryptobia agitata</i> (15), <i>Philometrosis</i> sp. (10), <i>Polyonchobothrium magnum</i> (10)	[29]
Other	1.03	3.27	Fujian: <i>Gnathostoma</i> sp. (12.7); Guangxi: <i>Pallisentis celatus</i> (85.1), <i>Trypanosoma monopteri</i> (46.15), <i>Eustrongylides</i> sp. (15.08), <i>Polyonchobothrium magnum</i> (7.38), <i>Agamospirura</i> sp. (5.07), <i>Azygia anguillae</i> (4.92), <i>Pallisentis umbellatus</i> (4.92); Guangdong: <i>Gnathostoma</i> sp. (19.13); Henan: <i>Trypanosoma monopteri</i> (29.65), <i>Eustrongylides</i> sp. (18.09), <i>Agamospirura</i> sp. (8.04)	[14, 25, 43, 65]

随着季节的不同,黄鳝的生活习性会发生一定变化,如低温时期的“冬眠”行为,从而导致寄生虫的寄生情况也改变;同时,随着季节的改变,不同水域黄鳝的食物(环节动物、淡水螺类、剑水蚤等)的繁殖和生长状况会影响寄生虫虫卵、幼虫、中间宿主的数量,从而导致黄鳝寄生虫的感染率和感染强度出现季节性变化;此外,不同地区季节变换造成的水环境的变化也不同,因此,不同地域黄鳝寄生虫流行的季节性规律存在差异。

3.3 个体差异性特征

黄鳝对不同种类寄生虫的感染率和感染强度存在个体差异性。宋锐等^[12]发现武汉市江夏区稻田和沟渠的野生黄鳝体内新棘衣棘头虫的感染率为 34.46%,感染强度为 2.94 条/尾,感染强度随着黄鳝体长的增加而上升,并在 42~48 cm 体长组达到最大值后开始下降,而同一地区胃瘤线虫的感染率为 15.14%,感染强度为 0.61 条/尾,感染强度随着黄鳝体长的增加而下降,并在 54 cm 体长组未发现感染。

黄鳝对同种类寄生虫的感染率和感染强度一般随体长的增加而上升,但存在地区差异。潘庭双等^[21]发现安徽省淮河流域的黄鳝在体长<32.5 cm 时无新棘衣棘头虫寄生;体长<37.5 cm 时无鳃虱独孤吸虫、幼旋尾线虫和大型多钩槽绦虫寄生;体

长>37.5 cm 时有 4 种寄生虫寄生。而安徽省长江流域的黄鳝在体长<32.5 cm 时其新棘衣棘头虫的感染率就达到 18.52%,同时新棘衣棘头虫、鳃虱独孤吸虫和幼旋尾线虫在所有体长组黄鳝中均有寄生,且体长>32.5 cm 的黄鳝均有大型多钩槽绦虫寄生^[63]。有意思的是,豫北地区黄鳝体内鳃虱体虫的感染率与黄鳝体长之间并未呈现规律性,体长 32.5 cm 以下的感染率最低为 28.57%,体长 37.5~42.4 cm 的感染率最高为 36.67%,随后感染率下降,体长 47.5 cm 以上的感染率为 33.33%^[14]。造成该现象的原因极其复杂,随着黄鳝的生长发育,一方面其个体规格增大,对寄生虫的免疫性增强;另一方面其食量上升,食性发生转变,食谱更加丰富,从而摄入更多种寄生虫的中间宿主。此外,不同地区水生环境的差异性也对寄生虫的寄生过程产生影响,从而导致这些寄生虫对个体差异的黄鳝呈现不同的感染率和感染强度。

4 黄鳝常见寄生虫病的病症及危害

新棘衣棘头虫是常见的黄鳝寄生虫之一,其感染后的主要病症包括:肠道壁变薄、黏膜层的黏液明显增多、产生黄色积液、内脏黏连、肠道充血发炎、部分组织增生或硬化、溃疡甚至肠壁穿孔造成死亡。新棘衣棘头虫对黄鳝的主要危害有:通

表 4 黄鳝常见寄生虫的时间分布差异
Table 4 The different temporal distribution of common parasites from ricefield eels

Species	Area	Fastigium	Characteristic	Reference
新棘衣棘头虫 <i>Pallisentis celatus</i>	Hubei	Spring (March~April)	Infection rates are the lowest in	[12]
		Autumn (September~November)	May and December	
	Henan	Autumn	Infection occurs all year round, with the lowest infection rate in spring	[14]
	Anhui (Huaihe River)	Spring	Infection rates are the lowest in winter	[21]
	Anhui (Yangtze)	Autumn	Infection can occur all the year round, with the lowest infection rate in spring	[63]
	Jiangsu	None	There is no significant difference in the four seasons	[29]
	Hunan	Spring (April), Summer (July)	Infection rates are the lowest in February and March	[40]
	Jiangxi	November, December and January	Infection rates are the lowest in February	[41]
	胃瘤线虫 <i>Eustrongylides</i> sp.	Hubei	Late spring & early summer	Infection rates are the lowest in late summer and autumn
Hunan		Spring & Summer	The infection abundance in autumn and winter is less than that in spring and summer	[11]
Henan		Spring	Other seasons have relatively low infection rates	[14]
鳝锥体虫 <i>Trypanosoma monopter</i>	Hubei	None	The lake has no obvious seasonality and the pond has a certain range of change	[39]
	Henan	Autumn	There is obvious seasonality, with low infection rate in winter	[14]
	Hunan	December	Infection rates are lower in April and May	[44]
	Jiangsu	Spring & Summer	Infection rate and intensity in spring and summer are significantly higher than those in autumn and winter festivals	[29]
鳃鳃独孤吸虫 <i>Azygia anguillae</i>	Anhui	Summer	The infections are found only in summer and not in other seasons	[21]
	Henan	Spring & Summer	Not found in other seasons	[14]
	Jiangxi	Late spring & early summer (May)	Infection rates are low in winter and no infection is found in December	[51]

过吻突刺进黄鳝肠道黏膜造成机械损伤, 进而使黄鳝容易感染细菌性疾病; 其代谢产物能扰乱黄鳝组织细胞的正常生理功能, 进而对黄鳝免疫系统产生影响, 导致其免疫力下降; 消耗营养物质, 影响黄鳝的肥满度^[66]。潘庭双等^[67]通过养殖实验比较了阿苯达唑、吡喹酮、阿维菌素、双氯青蒿素和川楝陈皮散 5 种药物对黄鳝体内新棘衣棘头虫的驱虫效果, 发现阿苯达唑的驱虫效果最好, 新棘衣棘头虫的感染率下降 57.9%, 感染强度下降了 81.8%。

胃瘤线虫能寄生于鱼类、鸟类体内, 是一种鱼禽共患寄生虫, 对保护野生鸟类、鱼禽养殖业均构成较大威胁。1982 年, 马里兰州首次报道了人类感染胃瘤线虫的病例。该 3 例病例均是由于生吃感染胃瘤线虫的野生小杂鱼, 从而感染胃瘤线虫, 导致肠炎和肠穿孔^[68]。但目前暂未有因摄食黄鳝感染胃瘤线虫而致病的报道。黄鳝感染胃瘤

线虫后, 线虫在消化道等内脏器官以及皮肤和肌肉中的穿行活动, 造成器官组织的损伤, 同时在黄鳝肝、脾或性腺中形成包囊, 引起内脏器官的严重病变; 少数黄鳝还会出现腹腔内淤血块堆积的现象, 引起严重的炎症和坏死。胃瘤线虫的寄生也会造成黄鳝血液生理生化指标的改变, 如血清总蛋白、白蛋白、血红蛋白含量和血糖浓度减少, 而血清谷草转氨酶和乳酸脱氢酶活力增强。相关研究通过幼虫体外杀灭试验发现, 2.5×10^{-3} mg/L 的伊维菌素在 20 h 内可将胃瘤线虫幼虫全部杀死, 甲苯咪唑对胃瘤线虫幼虫的 24 h 半致死浓度为 1.25 mg/L, 该两种药物均可用于临床杀灭胃瘤线虫幼虫^[69-70]。

鳃锥体虫属于血液寄生虫, 在自然条件下经水蛭传播, 可以入侵宿主的各个组织, 不仅消耗宿主机体组织的营养, 而且可造成组织不可逆的损伤。感染较轻时宿主无明显症状, 严重时鱼体

出现精神萎靡、贫血、消瘦等症状,表现为脾脏内大量红细胞破裂,给血液循环系统及造血功能带来较严重的侵害,影响机体正常生理机能及生长,导致其他继发性疾病发生。鳢锥体虫病尚未见有效药物治疗的报道,目前一般用生石灰清塘,再用食盐水、硫酸铜或硫酸亚铁等消毒剂浸泡处理。吴宗文等^[71]通过药物试验发现,三氮脒和磺胺六甲对南方鳢锥体虫病有良好的治疗作用,但对黄鳢锥体虫病是否有效尚未有研究。

颚口线虫和东方次睾吸虫均是重要的鱼源性人兽共患寄生虫,对动物和人类健康均有较大危害。颚口线虫幼虫在人体无法发育完全,但可在人体组织内游走移行并分泌毒素,从而引起皮肤型和内脏型颚口线虫病,严重时可导致癫痫、瘫痪,甚至死亡^[25]。联合国粮农组织将颚口线虫列为水生动物中重要的致病因子。而东方次睾吸虫会引起感染者腹痛、食欲减退、乏力、肝区不适等症状,血象与肝功能均出现异常^[36]。目前,颚口线虫病和东方次睾吸虫病均尚未有针对性药物治疗,只能以预防为主,主要措施包括:改变食用生鱼的饮食习惯;加强食品监督检查,谨防受感染水产品流入市场等^[72]。

5 黄鳢寄生虫的分子生物学研究

目前,研究寄生虫遗传分子机制的方法主要包括对蛋白质和遗传物质 DNA 进行高通量测序以及 qPCR 等分子生物学手段^[73]。转录间隔区序列(internally transcribed spacer sequences, ITSs)在种内具有高度保守性,在种间又有不同程度的差异性。学者们通过对黄鳢寄生虫(胃瘤线虫) ITSs 进行 PCR 扩增及分析^[18-19],成功比较了胃瘤线虫与其他线虫的差异,提示 ITSs 在寄生虫进化机制、种间分类和系统发育研究上是一种有效的种间鉴别的分子遗传标记,可用于黄鳢寄生虫的分子学鉴定。王芝英等^[27]通过分析渝西地区黄鳢寄生虫(大型多钩槽绦虫)线粒体 DNA 中的 *cox1* 序列,证实 *cox1* 序列在种内相对保守,在种间差异较大,可以作为黄鳢寄生虫种间鉴别的分子遗传标记,可用于其分子学鉴定。

在寄生虫生长发育过程中,机体中的信号蛋白与遗传物质结合,从而参与细胞周期调控、信号转导、细胞的增殖分化等多项重要生命活动。罗波等^[74]通过研究寄生虫 14-3-3 蛋白发现,该蛋白质能对许多动物的细胞凋亡起抑制作用;秦飞宇等

^[75]研究发现,抑制蛋白通过调节肌动蛋白的聚合、降解达到入侵宿主的目的,它们的存在不仅可能导致宿主体内酶、维生素或激素活性的某些变化,还可能引入有毒的代谢副产品,从而剥夺宿主的正常生命活动。蛋白质调控的研究能从细胞水平杀灭黄鳢寄生虫,对黄鳢寄生虫的防治有极其重要的意义,但目前尚未开发出用于实践的药物,仍需进一步研究。

6 展望

黄鳢是我国重要的水产养殖种类,养殖水域遍布全国,寄生虫病给黄鳢产业的发展带来了巨大的危害。目前,关于黄鳢寄生虫的研究还存在一些问题亟待解决: 1) 一些寄生虫的生物学分类尚不明确,仅鉴定到属,如胃瘤线虫、对盲囊线虫、幼旋尾线虫等,应尽快建立所有黄鳢寄生虫的形态学和分子生物学分类鉴定标准; 2) 部分寄生虫生活史过程不清楚,中间宿主不明确,只有弄清其生活史过程以及中间宿主种类才能科学合理地建立防控治理方案; 3) 药物研究尚未起步,目前人们基本以生石灰清塘,再用消毒剂浸泡处理为主,治疗效果不佳,应加快有效药物的筛选,并进行相关药物药代动力学、安全残留限量和休药期的研究,做到科学合理用药,安全用药; 4) 鱼源性人兽共患寄生虫流行病学研究不够,该类寄生虫对人类的生命健康存在极大的潜在威胁,是否还有更多的人兽共患寄生虫尚不清楚,应加强人们的重视,相关部门应该提高警惕,制订精准有效的防控措施。黄鳢寄生虫繁多,可寄生在黄鳢的内脏、肌肉、血液、眼睛水晶体、体表以及鳃部等器官或组织,但只要做到不食用生鱼,加热煮熟后食用,基本不用担心被寄生虫感染。总的来讲,关于黄鳢寄生虫生物学、流行病学、药理学及药物动力学等的研究还远远不够,有待于学者们继续探究。

参考文献(References):

- [1] 罗鸣钟, 靳恒, 杨代勤. 黄鳢生物学及养殖生态学研究进展[J]. 水产科学(LUO Ming-zhong, JIN Heng, YANG Dai-qin. Research progress on biology and culture ecology in swamp eel *Monopterus albus*[J]. Fisheries Science), 2014, 33(8): 529-534.
- [2] KHANH N H, NGAN H T B. Current practices of rice field eel *Monopterus albus* (Zuiew, 1793) culture in Vietnam[J]. Aquaculture Asia Magazine, 2010, 15(3): 26-29.
- [3] YIN S A, ISMAIL A, ZULKIFLI S Z. Heavy metals uptake by Asian swamp eel, *Monopterus albus* from paddy fields of Kelantan, Peninsular Malaysia: preliminary study[J]. Tropical Life Sciences Research, 2012, 23(2): 27-38.

- [4] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 中国渔业统计年鉴-2020[M]. 北京: 中国农业出版社(Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China Fishery Statistics Yearbook-2020[M]. Beijing: China Agriculture Press), 2020: 32.
- [5] 汪溥钦. 福建棘头虫记述[J]. 动物分类学报(WANG Pu-qin. Notes on some cestodes of fishes in Fujian Province[J]. Acta Zootaxonomica Sinica), 1966, 3(1): 1-13.
- [6] 唐仲璋. 两种淡水鱼类假叶绦虫的生活史[J]. 动物学报(TANG Zhong-zhang. Developmental studies on *Polyonchobothrium ophiocephalina* (Tseng, 1933) and *Bothriocephalus opsariichthydis* Yamaguti, 1934[J]. Acta Zoologica Sinica), 1982, 28(1): 51-59.
- [7] 王溪云. 鄱阳湖鱼类寄生蠕虫名录[J]. 江西科学(WANG Xi-yun. Catalogue of helminthes of fishes in Poyang Lake[J]. Jiangxi Science), 1985, 3(1): 34-48.
- [8] 李明锋. 黄鳝两种寄生虫病防治[J]. 科学养鱼(LI Ming-feng. Prevention and control for two kind of parasitic disease of *Monopterus albus*[J]. Scientific Fish Farming), 1994(3): 19.
- [9] 刘金, 颜亨梅, 曾伯平. 黄鳝体内寄生虫生态学研究进展[J]. 生命科学研究(LIU Jin, YAN Heng-mei, ZENG Bo-ping. Advance on ecology of parasites in *Monopterus albus*[J]. Life Science Research), 2004, 8(4): 102-107.
- [10] 黄靖锐, 陈肖潇, 黄邦亮, 等. 中国大陆地区黄鳝寄生虫及人体致病研究现状[J]. 预防医学情报杂志(HUANG Jing-rui, CHEN Xiao-xiao, HUANG Bang-liang, et al. Parasites in rice field eels in mainland China and related human infectious[J]. Journal of Preventive Medicine Information), 2014, 30(9): 777-782.
- [11] 岑静, 夏宁波, 罗旭, 等. 湖南省黄鳝源胃瘤线虫生物学特性研究[J]. 中国畜牧兽医(CEN Jing, XIA Ning-bo, LUO Xu, et al. Study on biological characteristics of *Eustrongyloides* from eel in Hunan Province[J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine), 2014, 41(5): 244-247.
- [12] 宋锐, 李文祥, 邹红, 等. 黄鳝体内寄生隐藏新棘虫和胃瘤线虫的频率分布及季节动态[J]. 水生生物学报(SONG Rui, LI Wen-xiang, ZOU Hong, et al. Seasonal dynamics and frequency distribution of the endoparasites *Pallisentis (Neosentis) celatus* and *Eustrongyloides* sp. in the rice field eel *Monopterus albus*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica), 2013(6): 1044-1050.
- [13] 王文彬, 曾伯平, 韩庆, 等. 洞庭湖区黄鳝体内胃瘤线虫的感染研究[J]. 水利渔业(WANG Wen-bin, ZENG Bo-ping, HAN Qing, et al. Investigation of *Eustrongyloides* sp. of *Monopterus albus* in Dongting Lake[J]. Reservoir Fisheries), 2003, 23(3): 62-63.
- [14] 李莉, 朱庆红, 石灵, 等. 豫北地区黄鳝寄生虫感染情况初步调查[J]. 河南农业科学(LI Li, ZHU Qing-hong, SHI Ling, et al. A preliminary investigation of parasitic infection in *Monopterus albus* in the North areas of Henan Province[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences), 2008(10): 135-138.
- [15] 彭彬, 陈晓利, 杨光友, 等. 四川省黄鳝体内寄生蠕虫感染状况调查[J]. 动物医学进展(PENG Bin, CHEN Xiao-li, YANG Guang-you, et al. Investigation on helminth infections in *Monopterus albus* in Sichuan Province[J]. Progress in Veterinary Medicine), 2014, 35(12): 164-167.
- [16] 王文彬, 曾伯平. 海南黄鳝体内新棘虫和胃瘤线虫感染初报[J]. 四川动物(WANG Wen-bin, ZENG Bo-ping. Report on *Monopterus albus* from Hainan infected with *Pallisentis (Neosentis) celatus* and *Eustrongyloides* species[J]. Sichuan Journal of Zoology), 2006, 25(3): 539-542.
- [17] 王文彬, 王京仁, 曾伯平, 等. 黄鳝体内胃瘤线虫的种群生物学研究[J]. 水生生物学报(WANG Wen-bin, WANG Jing-ren, ZENG Bo-ping, et al. Population biology of *Eustrongyloides* sp. in the host finless eel *Monopterus albus*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica), 2004, 8(5): 535-539.
- [18] 段柳春, 刘伟, 徐平源, 等. 黄鳝胃瘤线虫 ITS 及 5.8S rDNA 的克隆及序列分析[J]. 畜牧兽医学报(DUAN Liu-chun, LIU Wei, XU Ping-yuan, et al. Cloning and sequence analysis of the ITS and 5.8S rDNA of larval *Eustrongyloides* spp. isolates from *Monopterus albus* (zuiew)[J]. Acta Veterinaria et Zootecnica Sinica), 2012, 43(3): 453-458.
- [19] 林洁, 谭燕财, 马光旭, 等. 黄鳝胃瘤线虫 ITS 及 5.8S rDNA 的克隆及序列分析[J]. 西南大学学报(自然科学版)(LIN Jie, TAN Yan-cai, MA Guang-xu, et al. Cloning and sequence analysis of the ITS and 5.8S rDNA of *Eustrongyloides* spp. iso-
- lates from *Monopterus albus*[J]. Journal of Southwest University (Natural Science)), 2013, 35(9): 49-54.
- [20] 王娜. 额尔齐斯河部分鱼类线虫区系调查及对盲囊线虫分子系统发育研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学(WANG Na. Studies on Parasitic Fauna of Portion Fish Nematode and Molecular Systematics of *Contraecium* sp. in the Ergis River[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University), 2013.
- [21] 潘庭双, 江河, 段国庆. 淮河流域黄鳝体内寄生虫的感染率及季节动态[J]. 水产学杂志(PAN Ting-shuang, JIANG He, DUAN Guo-qing. Prevalence and seasonal dynamics of parasites *in vivo* in rice field eel collected in Anhui section of Huaihe River basin[J]. Chinese Journal of Fisheries), 2015, 28(5): 32-36.
- [22] 任思宇, 吴春艳. 一例鳊鱼嗜子官线虫病的诊治与分析[J]. 海洋与渔业(REN Si-yu, WU Chun-yan. Diagnosis and treatment of a case of philometrosis in eel[J]. Ocean and Fishery), 2015(8): 58-59.
- [23] 王智, 曾伯平, 王文彬. 黄鳝体内寄生虫生态位研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版)(WANG Zhi, ZENG Bo-ping, WANG Wen-bin. Studies on niche of parasite in the digestive tube of *Monopterus albus*[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)), 2008, 34(2): 204-206.
- [24] 汪溥钦. 福建几种鱼类寄生线虫[J]. 动物分类学报(WANG Pu-qin. Some nematodes of fishes from Fujian Province, China[J]. Acta Zootaxonomica Sinica), 1984, 9(3): 228-237.
- [25] 蔡武卫, 林陈鑫, 谢汉国, 等. 顎口线虫 III 期幼虫在黄鳝体内分布调查[J]. 海峡预防医学杂志(CAI Wu-wei, LIN Chen-xin, XIE Han-guo, et al. Investigation on the distribution of the stage III larvae of *Gnathostoma* in eel[J]. Strait Journal of Preventive Medicine), 2020, 26(2): 10-11, 42.
- [26] 方建平. 大型多钩槽绦虫与隐藏新棘虫种间关系研究[J]. 生态学报(FANG Jian-ping. Studies on the interspecific relationship between *Polyonchobothrium magnum* and *P.(N.) celatus*[J]. Acta Ecologica Sinica), 2000, 20(4): 615-619.
- [27] 王芝英, 罗永莉. 黄鳝大型多钩槽绦虫 *cox1* 基因的多态性研究[J]. 西南大学学报(自然科学版)(WANG Zhi-ying, LUO Yong-li. Polymorphism of the mitochondrial *cox1* gene of *Polyonchobothrium magnum* isolated from *Monopterus albus*[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition)), 2016, 38(3): 9-14.
- [28] 张其中, 马成伦. 四川省鱼类寄生绦虫[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版)(ZHANG Qi-zhong, MA Cheng-lun. The parasitic tapeworms of fresh water fishes from Sichuan Province[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)), 1998, 15(3): 26-28.
- [29] 邴旭文, 夏冬. 江苏省黄鳝寄生虫感染的初步调查[J]. 中国兽医寄生虫病(BING Xu-wen, XIA Dong. The primarily investigation of parasitism in ricefield eel at Jiangsu Province[J]. Chinese Journal of Veterinary Parasitology), 2004, 12(1): 59-61.
- [30] 吕军仪, 倪氏复口吸虫和湖北复口吸虫生活史的研究 II. 各期幼虫及成虫形态的描述[J]. 水生生物学报(LÜ Jun-yi. Studies on the life histories of *Diplostomum niedashui* and *Diplostomum hupehensis* II. The morphological description of the early larvae and adults[J]. Acta Hydrobiologica Sinica), 1990, 14(3): 265-273.
- [31] 王文彬, 曾伯平, 罗玉双, 等. 洞庭湖区黄鳝体内鳃蛭孤吸虫的流行病学调查[J]. 淡水渔业(WANG Wen-bin, ZENG Bo-ping, LUO Yu-shuang, et al. Epidemiological investigation of *Azygia anguillae* in the host *Monopterus albus* from Dongting Lake region[J]. Freshwater Fisheries), 2006, 36(6): 36-39.
- [32] 吕军仪. 寄生于淡水鱼类的前宫亚科吸虫一新种记述(复殖目: 独孤科)[J]. 动物分类学报(LÜ Jun-yi. Description of a new species of Proterometrinae from freshwater fish in Guangzhou, China (Digenea: Azygiidae)[J]. Acta Zootaxonomica Sinica), 1992, 17(1): 16-19.
- [33] 邱兆祉, 李庆奎, 张闰生, 等. 前宰吸虫亚科的研究(吸虫纲: 半尾科)[J]. 动物分类学报(QIU Zhao-zhi, LI Qing-kui, ZHANG Run-sheng, et al. On a new species of the subfamily Prosochinae (Hemiuridae, Trematoda)[J]. Acta Zootaxonomica Sinica), 1990, 15(2): 129-132.
- [34] 马跃岗, 马成伦. 四川鱼类复殖吸虫的区系特点[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版)(MA Yue-gang, MA Cheng-lun. Studies on the digenea fauna from freshwater fishes in Sichuan Province[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)), 1999, 16(3): 7-18.

- [35] 赵元君. 寄生于黄鳝的一种叶形吸虫[J]. 重庆师范学院学报(自然科学版)(ZHAO Yuan-jun. A species of *Phyllodistomum* parasitized in *Monopterus albus* (Zujew)[J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 1991, 8(2): 56-58.
- [36] 陈宝建, 张榕燕, 谢汉国, 等. 东方次睾吸虫与华支睾吸虫病病原形态鉴别比较[J]. 寄生虫病与感染性疾病(CHEN Bao-jian, ZHANG Rong-yan, XIE Han-guo, et al. Compare with *Metorchis orientalis* and *Clonorchis sinensis* on pathogenic morphology[J]. Parasitoses and Infectious Diseases), 2017, 15(4): 204-206.
- [37] YANG S R, PEI X Y, YIN S Y. Investigation and research of *Clonorchis sinensis* metacercariae and *Metorchis orientalis* metacercariae infection in freshwater fishes in China from 2015 to 2017[J]. Food Control, 2019, 104: 115-121.
- [38] 李春涛, 李雪, 赵益群, 等. 新棘衣棘头虫形态特征及其感染黄鳝的肠道组织病理变化[J]. 南方农业学报(LI Chun-tao, LI Xue, ZHAO Yi-qun, et al. Morphological characteristics of *Pallisentis celatus* and pathological changes of the intestine in *Monopterus albus* infected by *Pallisentis celatus*[J]. Journal of Southern Agriculture), 2014, 45(10): 1881-1885.
- [39] 陈昌福, 毛德华, 李晓云. 黄鳝的鳃锥体虫和隐藏新棘虫的流行病学调查[J]. 水产养殖(CHEN Chang-fu, MAO De-hua, LI Xiao-yun. Epidemiological investigation of *Trypanosoma monopteri* and *Neosentis celatus* of *Monopterus albus*[J]. Journal of Aquaculture), 1993(3): 17-20.
- [40] 王文彬, 曾伯平, 罗玉双, 等. 洞庭湖区黄鳝体内新棘衣棘头虫的流行病学调查[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版)(WANG Wen-bin, ZENG Bo-ping, LUO Yu-shuang, et al. Epidemiological investigation of *Pallisentis (Neosentis) celatus* in the host *Monopterus albus* from Dongting Lake basin[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2009, 35(4): 403-405, 432.
- [41] 王文彬, 曾伯平, 王智, 等. 黄鳝体内新棘衣棘头虫的种群生态学研究[J]. 华中农业大学学报(WANG Wen-bin, ZENG Bo-ping, WANG Zhi, et al. Studies on the population ecology of *Pallisentis (Neosentis) celatus* in its host *Monopterus albus*[J]. Journal of Huazhong Agricultural University), 2004, 23(6): 650-653.
- [42] 胡晓娟, 吴丹, 文春根, 等. 黄鳝体内新棘衣棘头虫种群季节动态与分布[J]. 南昌大学学报(理科版)(HU Xiao-juan, WU Dan, WEN Chun-gen, et al. Seasonal dynamics and population distribution of *Pallisentis (Neosentis) celatus* in *Monopterus albus*[J]. Journal of Nanchang University (Natural Science), 2012, 36(2): 172-175.
- [43] 何成伟, 周煜华, 黎洋海, 等. 中越边贸入境活黄鳝寄生虫调查[J]. 中国动物检疫(HE Cheng-wei, ZHOU Yu-hua, LI Yang-hai, et al. The investigation of parasites in the host *Monopterus albus* from sino-vietnamese border trade[J]. China Animal Health Inspection), 1998, 15(6): 10.
- [44] 王文彬, 唐琳, 李建忠, 等. 西洞庭湖区黄鳝感染鳃锥体虫的初步调查[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版)(WANG Wen-bin, TANG Lin, LI Jian-zhong, et al. A preliminary investigation on the infection of *Monopterus albus* by *Trypanosoma monopteri* in west Dongting Lake basin[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science (Natural Science Edition), 2010, 22(2): 51-53, 60.
- [45] 温周瑞. 黄鳝主要病害及其防控技术研究进展[J]. 湖北农业科学(WEN Zhou-rui. Advances in researches of main diseases and prevention and control technologies of ricefield eel[J]. Hubei Agricultural Sciences), 2018, 57(14): 10-14.
- [46] 杨明生. 黄鳝多子小瓜虫病急性传染与防治的研究[J]. 孝感学院学报(YANG Ming-sheng. The studies on acute infection and cure of *Ichthyophthirius multifiliis* of *Monopterus albus*[J]. Journal of Xiaogan University), 2003, 23(6): 50-52.
- [47] 熊章琴. 黄鳝病害防治[J]. 农业灾害研究(XIONG Zhang-qin. Prevention of eel diseases[J]. Journal of Agricultural Catastrophology), 2012, 2(7): 27-30.
- [48] 刘建雄, 郭琼林. 黄鳝(缘拟扁蛭)水蛭病的首次报道[J]. 水生生物学报(LIU Jian-xiong, GUO Qiong-lin. First report on hirudiniasis of ricefield eel, *Monopterus albus*, caused by *Hemiclepsis marginata*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica), 2002, 26(5): 571-573.
- [49] 周宏超, 范光丽, 林青, 等. 朱鹮胃瘤线虫病的病理学观察[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)(ZHOU Hong-chao, FAN Guang-li, LIN Qing, et al. The pathological observations of crested ibis's *Eustrongyloides* sp.[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2001, 29(5): 27-29.
- [50] 段柳春. 湖南省黄鳝体内胃瘤线虫感染调查及遗传特异性研究[D]. 长沙: 湖南农业大学(DUAN Liu-chun. Investigating and Researching Genetic Character of *Eustrongyloides* sp. Isolates from *Monopterus albus* in Hunan[D]. Changsha: Hunan Agricultural University), 2012.
- [51] 杨细兰, 林刚, 胡宝庆, 等. 鄱阳湖黄鳝体内鳃锥体虫季节动态与种群分布[J]. 南昌大学学报(理科版)(YANG Xi-lan, LIN Gang, HU Bao-qing, et al. Seasonal dynamics and population distribution of *Azygia anguillae* in its host *Monopterus albus* from Poyang Lake[J]. Journal of Nanchang University (Natural Science), 2010, 34(6): 579-583.
- [52] 林金祥, 李友松, 程由注, 等. 东方次睾吸虫(*Metorchis orientalis*)人体实验感染报告[J]. 海峡预防医学杂志(LIN Jin-xiang, LI You-song, CHENG You-zhu, et al. Report on human body experimental infection with *Metorchis orientalis*[J]. Strait Journal of Preventive Medicine), 2001, 7(2): 9-11.
- [53] 王寿昆. 福州地区家鸭次睾吸虫流行病学的调查研究[J]. 福建农学院学报(WANG Shou-kun. Studies on epidemiological of *Metorchis orientalis* and *M. taiwanensis* of ducks in Fuzhou, Fujian[J]. Journal of Fujian Agricultural College), 1992, 21(3): 328-334.
- [54] 张耀娟, 唐仲璋, 唐崇惕. 三种异形科吸虫和东方次睾吸虫的生活史研究[J]. 寄生虫学与寄生虫病杂志(ZHANG Yao-juan, TANG Zhong-zhang, TANG Chong-ti. Studies on the life histories of three species of *Heterophyid trematodes* and *Metorchis orientalis* Tanabe, 1921[J]. Chinese Journal of Parasitology and Parasitic Diseases), 1985, 3(1): 12-16.
- [55] CHO S H, LEE W J, KIM T S, et al. Prevalence of zoonotic trematode metacercariae in freshwater fish from Gangwon-do, Korea[J]. The Korean Journal of Parasitology, 2014, 52(4): 399-412.
- [56] 于莎莎. 浙江宁波地区部分海、淡水经济鱼类外寄生车轮虫的研究[D]. 重庆: 重庆师范大学(YU Sha-sha. Study on the *Trichodinid ectoparasites* (Ciliophora, Peritrichida) from Some Freshwater and Estuarine Fishes in Ningbo, Zhejiang Province, China[D]. Chongqing: Chongqing Normal University), 2012.
- [57] 王哲, 刘春雷, 顾泽茂, 等. 多子小瓜虫的形态发生及其寄生导致翘嘴鲌鳃组织病理变化[J]. 水生生物学报(WANG Zhe, LIU Chun-lei, GU Ze-mao, et al. Morphology and morphogenesis of *Ichthyophthirius multifiliis* and pathological study of gills of *Culter alburnus*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica), 2016, 40(5): 935-941.
- [58] 甘维熊, 邓龙君, 周辉霞. 淡水鱼类多子小瓜虫病研究进展[J]. 科学养鱼(GAN Wei-xiong, DENG Long-jun, ZHOU Hui-xia. Research progress on *Ichthyophthirius multifiliis* infection of freshwater fish[J]. Scientific Fish Farming), 2013(12): 56-58.
- [59] 张立强, 董星星, 魏朝辉, 等. 马丁车轮虫的生活史及其食性研究[J]. 水产科技情报(ZHANG Li-qiang, DONG Xing-xing, WEI Chao-hui, et al. Study on the life histories and diets of *Trichodina maritinkae*[J]. Fisheries Science & Technology Information), 2020, 47(2): 73-78.
- [60] SKET B, TRONTELJ P. Global diversity of leeches (Hirudinea) in freshwater[J]. Hydrobiologia, 2008, 595: 129-137.
- [61] 沈嘉瑞. 蛭类的生态和习见的种类[J]. 生物学通报(SHEN Jia-rui. The ecological and species of common leeches[J]. Bulletin of Biology), 1957(2): 25-29.
- [62] 方建平, 方元平. 鳃锥体虫种群生物学的研究[J]. 动物学杂志(FANG Jian-ping, FANG Yuan-ping. Studies on the population biology of *Azygia anguillae*[J]. Chinese Journal of Zoology), 1998, 33(1): 1-3.
- [63] 潘庭双, 江河, 胡王, 等. 安徽黄鳝体内寄生虫调查的初步研究[J]. 凯里学院学报(PAN Ting-shuang, JIANG He, HU Wang, et al. Study on parasitic infection of *Monopterus albus* in Anhui Province[J]. Journal of Kaili University), 2014, 32(3): 63-67.
- [64] 温安祥, 杨光友, 张同富. 四川黄鳝寄生虫的初步调查[J]. 四川动物(WEN An-xiang, YANG Guang-you, ZHANG Tong-fu. Preliminary investigation of parasite in host *Monopterus albus* from Sichuan Province[J]. Sichuan Journal of Zoology), 2000, 19(1): 22-23.
- [65] 许聪辉, 杨柳茵, 张豪, 等. 广州市市售部分水产品颚口线虫感染状况调查[J]. 热带医学杂志(XU Cong-hui, YANG Liuyin, ZHANG Hao, et al. Survey on *Gnathostoma* infection in some aquatic products sold in Guangzhou[J]. Journal of Tropical Medicine), 2019, 19(4): 489-492, 514.
- [66] 魏绍君, 刘路训. 黄鳝肠道寄生隐藏新棘虫的组织病理研究[J]. 水利渔业(WEI Shao-jun, LIU Lu-xun. A study on tissue pathology of *Neosentis celatus* in *Monopterus albus*[J]. Reservoir Fisheries), 1998, 95(1): 14-16.

- [67] 潘庭双, 江河, 胡玉婷, 等. 5种药物对黄鳝体内隐藏新棘虫的驱虫效果研究[J]. 水产科学(PAN Ting-shuang, JIANG He, HU Yu-ting, et al. Expelling parasite *Pallisentis celatus* in ricefield eel (*Monopterus albus*) by five drugs[J]. Fisheries Science, 2016, 35(4): 436-439.
- [68] Centers for Disease Control. Intestinal perforation caused by larval *Eustrongylides*-Maryland[J]. Morbidity and Mortality Weekly Report, 1982, 31(28): 383-384, 389.
- [69] 陈丽, 夏宁波, 格桑西若, 等. 3种药物对黄鳝源胃瘤线虫幼虫的体外杀灭效果[J]. 水产养殖(CHEN Li, XIA Ning-bo, GESANG Xi-ruo, et al. Efficacy of three drugs on *Eustrongylides* larvae from eel *in vitro*[J]. Journal of Aquaculture, 2014, 35(7): 8-11.
- [70] 华建权, 潘雪央, 沈爱苗. 四种常用渔药对胃瘤线虫幼虫的杀灭试验[J]. 淡水渔业(HUA Jian-quan, PAN Xue-yang, SHEN Ai-miao. Efficacy of four normal aquaculture drugs on *Eustrongylides* larvae[J]. Freshwater Fisheries, 2004, 34(4): 36-37.
- [71] 吴宗文, 汪开毓, 余容, 等. 南方鲇锥体虫病的诊断和治疗[J]. 水产科技情报(WU Zong-wen, WANG Kai-yu, SHE Rong, et al. The diagnosis and treatment of *Trypanosoma* infection of *Silurus meridionalis*[J]. Fisheries Science & Technology Informa-
- tion, 2014, 41(2): 73-75.
- [72] 鱼艳荣, 贾卓, 齐永芬. 食品中食源性寄生虫的流行及检测现状[J]. 中国病原生物学杂志(YU Yan-rong, JIA Zhuo, QI Yong-fen. Prevalence of food-borne parasites in foods and the state of quarantines/inspections to control those parasites[J]. Journal of Parasitic Biology, 2013, 8(11): 1042-1046.
- [73] SOLÀ E, ÁLVAREZ-PRESAS M, FRÍAS-LÓPEZ C, et al. Evolutionary analysis of mitogenomes from parasitic and free-living flatworms[J]. PLoS One, 2015, 10(3): e0120081.
- [74] 罗波, 李想, 周必英. 寄生虫 14-3-3 蛋白的研究进展[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志(LUO Bo, LI Xiang, ZHOU Bi-ying. Research development on 14-3-3 protein in parasites[J]. Chinese Journal of Parasitology and Parasitic Diseases, 2018, 36(2): 178-183.
- [75] 秦飞宇, 宋海桐, 张昕, 等. 抑制蛋白在寄生虫感染与免疫中的研究进展[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志(QIN Fei-yu, SONG Hai-tong, ZHANG Xin, et al. Research progress in the role of profilin in parasitic infection and immunity[J]. Chinese Journal of Parasitology and Parasitic Diseases, 2019, 37(6): 709-712.

(上接第 492 页)

- [8] 宋梦璐, 蓝孝浩, 陈潇潇. 三种不同干燥方式对金银花活性成分与抗氧化性的影响[J]. 山东化工(SONG Meng-lu, LAN Xiao-hao, CHEN Xiao-xiao. Effects of three different drying methods on active constituents and antioxidant activity of *Lonicera japonica*[J]. Shandong Chemical Industry, 2017, 46(20): 89-91.
- [9] 吕淑芳, 王征宏. 叶绿体色素不同提取方法的比较研究[J]. 现代园艺(LÜ Shu-fang, WANG Zheng-hong. Comparative study on different extraction methods of chloroplast pigment[J]. Xian-dai Horticulture, 2012(5): 6-7.
- [10] 黄帆, 郭正元, 徐珍. 测定浮萍叶绿素含量的方法研究[J]. 实验技术与管理(HUANG Fan, GUO Zheng-yuan, XU Zhen. Determined methods of chlorophyll from lemma paucicostata[J]. Experimental Technology and Management, 2007, 24(5): 29-31.
- [11] 张丽霞, 魏照辉, 赵婉晴. 响应面优化超声波辅助酶法提取桑叶总黄酮的工艺[J]. 江苏农业科学(ZHANG Li-xia, WEI Zhao-hui, ZHAO Wan-qing. Optimization of ultrasonic-assisted enzymatic extraction process for total flavonoids from mulberry leaf by response surface analysis[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(13): 217-221.
- [12] 龚明贵, 张红梅, 孙军杰, 等. 杜仲花粉黄酮含量测定的研究[J]. 农产品加工(学刊)(GONG Ming-gui, ZHANG Hong-mei, SUN Jun-jie, et al. Study on content determination of flavonoids from eucommiae pollen[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2008(9): 71-72, 88.
- [13] 王瑞娟, 楚渠, 褚苏, 等. 不同桑品种的桑叶多酚和黄酮含量的测定[J]. 陕西农业科学(WANG Rui-xian, CHU Qu, ZHUO Su, et al. Determination of polyphenol and flavone in leaves of different mulberry varieties[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2019, 65(1): 78-80.
- [14] 刘晓捷. 地果茎叶中总黄酮的提取工艺研究[J]. 乐山师范学院学报(LIU Xiao-jie. Study on extraction technology of total flavonoids from stems and leaves of *Ficus tikoua* Bur.[J]. Journal of Leshan Normal University, 2018, 33(12): 20-23, 129.
- [15] 蒋大程, 高珊, 高海伦, 等. 考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题[J]. 实验科学与技术(JIANG Da-cheng, GAO Shan, GAO Hai-lun, et al. The details of protein content determination by Coomassie brilliant blue staining[J]. Experiment Science and Technology, 2018, 16(4): 143-147.
- [16] 周俊华, 邹优敬, 宁俊平, 等. 粗饲料淀粉含量测定方法的比较研究[J]. 广西畜牧兽医(ZHOU Jun-hua, ZOU You-jing, NING Jun-ping, et al. Comparative study on content determination methods of starch from roughage[J]. Guangxi Journal of Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2013, 29(6): 323-325.
- [17] 郭冬生, 彭小兰. 蒽酮比色法和酶水解法两种淀粉测定方法的比较研究[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版)(GUO Dong-sheng, PENG Xiao-lan. Comparative study on antrone chrometry and enzymatic hydrolysis for assay starch method[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science (Science and Technology), 2007, 19(3): 34-36, 48.
- [18] 李环, 陆佳平, 王登进. DNS法测定山楂片中还原糖含量的研究[J]. 食品工业科技(LI Huan, LU Jia-ping, WANG Deng-jin. Study on determination of reducing sugar from haw flakes with DNS colorimetry method[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(18): 75-77.
- [19] 丁雪梅, 张晓君, 赵云, 等. 蒽酮比色法测定可溶性糖含量的试验方法改进[J]. 黑龙江畜牧兽医(DING Xue-mei, ZHANG Xiao-jun, ZHAO Yun, et al. Improvement of test methods for determination of soluble sugar content by anthrone colorimetry[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2014(23): 230-233.
- [20] ZORATTI L, KARPPINEN K, ESCOBAR A L, et al. Light-controlled flavonoid biosynthesis in fruits[J]. Frontiers in Plant Science, 2014, 5: 534.
- [21] 潘俊倩, 佟曦然, 郭宝林. 光对植物黄酮类化合物的影响研究进展[J]. 中国中药杂志(PAN Jun-qian, TONG Xi-ran, GUO Bao-lin. Progress of effects of light on plant flavonoids[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2016, 41(21): 3897-3903.
- [22] 谢小翌, 张喜春. 不同遮荫处理对蒲公英生长及总黄酮含量的影响[J]. 北京农学院学报(XIE Xiao-yi, ZHANG Xi-chun. Effects of shading on growth and total flavone content in taraxacum in greenhouse culture[J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2019, 34(2): 47-50.
- [23] 吴伟, 程旺大, 徐建良. 灌浆成熟期光照强度对早籼稻直链淀粉含量及淀粉 RVA 谱特性的影响[J]. 浙江农业学报(WU Wei, CHENG Wang-da, XU Jian-liang. Effects of light intensity on grain amylose content and starch RVA profile characteristics of early indica rice during grain-filling stage[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2006, 18(3): 141-145.
- [24] 孟祥海. 光照强度、6-BA、GA₃对半夏生长发育与有效成分含量的影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学(MENG Xiang-hai. Studies on Effects of Shading, 6-BA, GA₃ on Growth and Effective Constituents of *Pinelia ternate* (Thunb.) Breit[D]. Yangling: Northwest A & F University), 2007.
- [25] 时政, 黄凯丰. 不同光照强度对苦荞产量和品质的影响[J]. 成都大学学报(自然科学版)(SHI Zheng, HUANG Kai-feng. Effects of different light intensities on yield and quality of tartary buckwheat[J]. Journal of Chengdu University (Natural Science Edition), 2018, 37(2): 150-154.
- [26] 王洋, 齐晓宁, 邵金锋, 等. 光照强度对不同玉米品种生长发育和产量构成的影响[J]. 吉林农业大学学报(WANG Yang, QI Xiao-ning, SHAO Jin-feng, et al. Effects of light intensity at full growing stage on the growth and yield of different maize varieties[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2008, 30(6): 769-773.